

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : DES SCIENCES

DEPARTEMENT : DES SCIENCES
AGRONOMIQUES

N° :.....



DOMAINE : DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE AGRONOMIQUE

OPTION : SCIENCE DU SOL ET DE
L'ENVIRONNEMENT (SSE)

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: M^{me}. BENAOUIRA Fatima

Intitulé

**Evaluation de la qualité physico-chimique et
bactériologique des eaux usées épurées
destinées à l'irrigation
(Cas de la Station d'épuration de M'sila)**

Soutenu devant le jury composé de:

M ^r . HADJ KOUIDER B	MAA	U. de M'sila	Président
M ^{me} . BEDDAL D	MAB	U. de M'sila	Encadreur
M ^r . AMROUNE A	MAA	U. de M'sila	Examineur

Année universitaire:2016 / 2017

Remerciements

*Avant tous je remercie **ALLAH**, le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour accomplir ce mémoire.*

*En premier lieu, je remercie mon encadreur **M^{elle}. BEDDAL D** d'avoir accepté de diriger ce travail par ses conseils, sa compétence et sa gentillesse.*

*Je remercie aussi le membre jury composé par **Mr HADJ KOUIDER B** qui m'a fait l'honneur de présider ce jury en dépit de ses occupations.*

*J'adresse aussi mes remerciements à **Mr AMROUNE A** d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.*

Sans Oublier tous les enseignants du département des sciences agronomiques et particulièrement ceux de l'option science du sol et environnement (SSE).

Dédicace

Avant tout c'est grâce à Dieu que je suis arrivé là.

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents : **Ma mère** qui ma donner la vie et qui a toujours sacrifie*

*Pour faciliter ma vie, que dieu me la garde, Et à l'âme de **mon père**.*

A ceux qui me sont très chers mes frères et mes sœurs qui je les remercie pour

Le soutien qu'ils me donnent .

A tous mes amis

A toute la promotion science du sol et l'environnement ; 2016-2017.

Benaouira Fatima.

Liste des abréviations

°C : Degrés Celsius

ds /m : dis siemens par mètre

ALGAL : Algérie Aluminium

C.E : Conductivité électrique

Coli-T : Coliforme totaux

Coli-F : coliforme fécaux

DBO₅ : demande biologique en oxygène

DCO : demande chimique en oxygène

DRE : directeur des ressources auxl'eaux

DHW : direction de l'hydraulique de la wilaya

EQ / Hab : Equivalant habitat

FAO : Fédération d'agriculture et de nourriture

JO : Journal Officiel

MTH : Maladies à Transition Hydriques

MES : Matière en suspension

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

O.N.A.B : Office National d'alimentation de bétail

ONM : Office national de météorologie

pH : Potentiel d'hydrogène

STEP : station d'épuration.

Strep-F : Streptocoques fécaux

T : Température

ZI : Zone Industrielle

Liste des figures

Figure.01 : lagune naturelle.....	09
Figure.02 : Station d'épuration des eaux usées épurées en irrigation	10
Figure.03 : Situation géographique de la ville et de la STEP de M'sila.....	16
Figure.04 : Vue en plan de la STEP.....	17
Figure.05 : Les processus d'épuration des eaux usées urbaines dans la station d'épuration de M'sila.....	19
Figure.06 : Carte géologique de la ville de M'sila	20
Figure.07 : Réseau d'assainissement de la ville de M'sila	21
Figure.08 : Répartition des précipitations saisonnières de la ville de M'sila (1988-2013).....	23
Figure.09 : Les variations des Températures moyennes mensuelles, minimales et maximales pour la ville de M'sila (1988-2013).....	24
Figure.10 : Position de la région de M'sila dans le Climagramme d'Emberger durant la période (1988 2013).....	25
Figure.11 : Les équipements utilisés pour la filtration (Pompe à vide).....	30
Figure.12 : Le DBO mètre utilisé dans la station d'épuration des eaux usées de M'sila.....	31
Figure.13 : Spectromètre.....	32
Figure.14 : Spectrophotomètre.....	34
Figure.15 : Variation de la Température des eaux usées épurées de la STEP de M'sila.....	44
Figure.16 : Variation du pH des eaux usées épurées de la STEP de M' sila.....	44
Figure.17 : Variation de la MES des eaux usées épurées de la STEP de M'sila	45
Figure .18 : Variation de la DBO ₅ des eaux usées épurées de la STEP de M'sila.....	45
Figure.19 : Variation de la DCO des eaux usées épurées de la STEP de M'sila	46
Figure.20 : Variation de la CE des eaux usées épurées de la STEP de M'sila.....	46

Liste de tableau

Tab.01 : Normes des paramètres physico-chimiques de réutilisation des eaux usées épurées.	12
Tab.02 : Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigations.....	13
Tab.03 : liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....	14
Tab.04 : Fiche Technique de la station d'épuration.....	17
Tab.05 : Le réseau d'assainissement de la ville M'sila.	21
Tab.06 : Liste des installations industrielles de la commune de M'sila.	22
Tab.07 : Caractéristique de la station météorologie de M'sila.....	22
Tab.08 : Précipitation moyennes mensuelles en (mm) de la station de M'sila.	22
Tab.09 : Températures moyennes mensuelles de la station de M'sila.	23
Tab.10 : La chronologie des prélèvements et les paramètres analysés.	28
Tab.11 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau épurée des stations étudiées.....	43
Tab.12 : Résumés des analyses bactériologiques de l'eau des stations étudiées.....	47

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : Recherche bibliographique

I.1 Définition des eaux usées	05
I.2 L'origine des eaux usées	05
I.2.1 Les eaux usées domestiques et urbaines	05
I.2.2 Les eaux usées industrielles	05
I.3 Caractéristiques des eaux usées	05
I.3.1 Caractéristiques physico-chimiques	06
I.3.2 Caractéristiques bactériologiques	07
I.4 Impacts du rejet des eaux usées au milieu récepteur	08
I.5 La nécessité de l'épuration	09
I.6 Les procédés de l'épuration des eaux usées	09
I.6.1 L'épandage	09
I.6.2 Les lagunes naturelles	09
I.6.3 Les stations d'épuration (STEP)	10
I.6.3.1 Les différents étapes de traitement des eaux usées au niveau de la STEP	10
I.7 Utilisation des eaux usées épurées	12
I.8 Les normes de rejet des eaux usées	12
I.8.1 Normes Algériennes	12
I.9 Les cultures adaptées	14

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1. Situation géographique de la zone d'étude	16
II.2. Description générale de la Station d'épuration	16
II.3. Le procédé d'épuration de la STEP de M'sila	18
II.3.1. Le traitement préliminaire (prétraitement)	18
II.3.2 Le traitement secondaire	18
II.3.3 Le traitement tertiaire	18
II.3.4 Le traitement des boues	18
II.3.5 La déshydratation des boues	18
II.4. la géologie et hydrogéologie	19
II.5. Réseau hydrographique	20
II.6. Etude socio-économique	21
II.6.1. Système d'assainissement	21
II.6.2. Le tissu industriel	21
II.7. Etude climatique	22

II.7.1 Les Précipitations	22
II.7.2 La température	23
II.7.3. Indices d'aridité annuel de DE MARTONNE	24
II.7.4. Climagramme d'Emberger.....	25

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. L'échantillonnage	27
III.1.1. Prélèvement des échantillons d'eau	27
III.2. Les analyses physico-chimiques	28
III.2.1. Les mesures in situ	28
III.2.1.1. La température	28
III.2.1.2. Le potentiel hydrogène (pH)	28
III.2.1.3. Les matières en suspension (MES)	29
III.2.1.4. La demande biologique en oxygène (DBO5)	31
III.2.1.5. La demande chimique en oxygène (DCO)	32
III.2.2. Analyses hors site	33
III.2.2.1. Dosage des différents types d'anions et cations	33
III.3 Les analyses bactériologiques	37
III.3.1. Recherche et dénombrement des germes totaux	38
III.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes	38
III.3.3 dénombrement des anaérobies sulfite-réducteurs	40
III.3.4. Recherche de staphylocoque (Staphylococcus aureus)	41

Chapitre VI : Résultats & Discussions

VI-1- Résultats physico-chimiques	43
VI-2- Dosage des différents types d'anions et de cations	46
VI-3- Analyses bactériologiques de l'eau	47
Conclusion générale.....	50

Références bibliographique

Introduction Générale

Introduction générale

En Algérie, les contraintes du climat, la croissance démographique, les transformations économiques et sociales sont à l'origine d'une demande en eau sans cesse croissante. Parallèlement, le recours à l'irrigation est devenu une nécessité, étant donné l'importance du déficit hydrique climatique et l'intensification de l'agriculture.

Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver une eau de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, l'épuration de l'eau usée et son utilisation en irrigation est une option attrayante, en particulier dans les zones arides et semi-arides, car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelables et fiables (FAO, 2003 in Hannachi *et al*, 2014). Ce qui explique aujourd'hui, l'ambition de l'Algérie de traiter un (01) milliard de mètres cube d'eaux usées pour l'irrigation de 100000 hectares. Quoique seulement 10,5% de la surface agricole utile (SAU) est irriguée, et 78% de cette superficie l'est avec des eaux souterraines et 13% avec des eaux superficielles (Tamrabet, 2011 in Hannachi *et al*, 2014).

Dans le cadre de la gestion des eaux usées épurées, un arsenal juridique national et international a été mis en place ; l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet par rapport aux respects des normes d'utilisation des eaux épurées et aux risques de contamination par ces eaux épurées.

Depuis l'année 2011, le ministère des ressources en eau en collaboration avec les ministères de l'agriculture et celle de la santé ont lancé un programme riche relatif à l'irrigation de sept (07) périmètres irrigués pilotes à partir des eaux épurées de plusieurs installations de traitement comme celui de Hennaya (Tlemcen), M'leta (Oran), Témachine (Ouargla), Bordj Bouarréridj, Sétif, Hama Bouziane (Constantine) et Ghriss (Mascara) avec une superficie totale de 12 000 Ha (Kessira, 2013).

L'objectif de notre étude est de valoriser la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux usées épurées de la STEP de la ville de M'sila et voir la possibilité de les utiliser dans l'irrigation des terres situées juste en aval de la STEP.

Notre travail est structuré en quatre (04) chapitres :

- ✓ Le premier est une recherche bibliographique, traitant des données théoriques des eaux usées urbaines et les différentes techniques de leurs épurations ainsi que les normes de leurs utilisations ;
- ✓ Le second chapitre est consacré à la description de la zone d'étude ;
- ✓ Le troisième chapitre concerne le matériels et les méthodes utilisés dans l'analyse des paramètres physico-chimiques et biologiques ;
- ✓ Le dernier chapitre rassemble les résultats obtenus et discussions avec leurs interprétations.
- ✓ Une conclusion générale avec des recommandations possibles.

Chapitre I

Recherche bibliographique

I.1 Définition des eaux usées

Les eaux usées représentent toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxique qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante engendrant au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (**Dugniolle, 1980 ;Glanic et Benneton, 1989inMetahri, 2012**).

I.2 L'origine des eaux usées

Suivant la qualité des substances polluantes libérées, on distingue deux (02) principales sources :

I.2.1 Les eaux usées domestiques et urbaines

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses (à partir des stations de lavage,...etc) appelées eaux grises et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires (**Metahri, 2012**).Lorsqu'elles sont rejetées par les habitations, les eaux usées sont collectées grâce à un réseau souterrain, dit réseau d'assainissement.

I.2.2 Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, chargées de différentes substances chimiques organiques et métalliques ; exemple : des graisses, des hydrocarbures (raffineries), des métaux (métallurgie), des acides et des bases (industries chimiques) et des matières radioactives (centrales nucléaires, traitements des déchets radioactifs).Ces substances sont généralement très toxiques.

I.3 Caractéristiques des eaux usées

En plus des caractéristiques visuelles comme l'odeur qui est due aux gaz dissout, et la couleur qui dépend à la fois de la concentration en matières colorantes et du pH de la turbidité ; les eaux usées sont reconnues par d'autres caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

I.3.1 Caractéristiques physico-chimiques

➤ La température

Est un paramètre important dans l'étude et la surveillance des eaux qui influence ses propriétés physiques et chimique (solubilité des sels, des gaz). Cependant, toute variation de la température de l'eau entraîne une modification du comportement des traitements qui lui sont appliqués (coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection et oxygénation). Il est donc important de connaître la température de l'eau et ses variations saisonnières, afin de pouvoir optimiser les traitements (Mauguinetal., 2004).

➤ Le potentiel hydrogène (pH)

Il joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. Cependant, un pH faible (eauacide) augmente le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Ainsi, Un pHinférieur à 5 ou supérieur à 9 réduit considérablement le nombre d'espèces végétales et animales (OMS, 1993).

➤ La conductivité électrique (CE)

Elle fournit une indication précise sur la salinité de l'eau (teneur en sels dissous). Au-delà de la valeur limite de la salinité de 2500 $\mu\text{Sm/cm}$, la prolifération des micro-organismes peut être réduite d'où la baisse du rendement épuratoire (Metahri, 2012).

➤ La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. Elle donne une première indication sur la teneur en matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées (Dali et Bentaleb, 2005).

➤ Les matières en suspensions (MES)

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS) non dissoutes. L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité et réduit la luminosité, entraînant une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau (Metahri, 2012). Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène (Duguetetal., 2006 in Metahri, 2012).

➤ La demande biologique en oxygène (DBO₅)

Est la quantité d'Oxygène consommée par les bactéries à 20°C à l'obscurité et pendant un temps de 05 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée (Metahri, 2012). La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables.

➤ La demande chimique en oxygène (DCO)

Est la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière biodégradable ou non contenue dans l'eau à l'aide du bichromate de potassium à 150°C (Metahri, 2012).

Le rapport DCO/DBO indique la biodégradabilité d'un effluent en définissant son origine.

Si $k < 1,5$: les matières oxydables sont fortement biodégradables.

$1,5 < k < 2,5$: les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

$2,5 < k < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

$k > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

➤ L'azote et phosphore

Appelés aussi éléments nutritifs. La présence de l'azote et du phosphore dans les eaux usées épurées révèle le risque que présentent ces eaux vis-à-vis la pollution des nappes ainsi que le pouvoir fertilisant en cas de réutilisation en agriculture (Metahri, 2012).

➤ Eléments toxiques

Appelés aussi éléments de traces ou encore les métaux lourds. Ils sont très nocifs dans les eaux résiduaires et qui constituent un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux en cas de réutilisation dans l'irrigation, et peuvent également affecter, à long terme, les cultures irriguées par suite d'accumulation dans le sol (FAO, 2003 in Nader, 2013). Un exemple des métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires sont : Aluminium (Al), cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn).

I.3.2 Caractéristiques bactériologiques

Le principal indicateur bactérien pour suivre la pollution par excréments est constitué par l'ensemble des microorganismes pathogène du groupe coliformes, Exp : Salmonella , Giardia lamblia, Escherichia col...etc (Meghzili, 2002 in Metahri, 2012).

L'irrigation directe à partir des ces eaux usées affecte la santé humaine, le cas échéant des maladies digestives (diarrhées aiguës, choléras,...).

1.4 Impacts du rejet des eaux usées au milieu récepteur

Le rejet direct des eaux usées au milieu naturel a un impact négatif sur plusieurs plans :

a- Impact environnemental

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique, en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution provoque la diminution de la biodiversité et l'altération de la qualité de l'eau (Chelle *et al.*, 2005 in Bodenne, 2012), (Carnavale, 2006).

b- Impact sanitaire

Les eaux usées sont le siège du transport, de la croissance et du développement de plusieurs maladies et agents pathogènes appelés **Maladies à Transmission Hydrique (MTH)** (Fièvre entérique, Choléra, Leptospirose) dues à la pollution biologique bactérienne, virales et zoo parasitaires.

c- Impact Socio-économique

Elles peuvent avoir plusieurs aspects :

Pour la production d'eau potable ; la pollution de l'eau peut réduire le nombre de ressources utilisables et augmenter le coût des traitements de potabilisation ou celui du transport de l'eau.

La dégradation des ressources peut devenir un frein au développement industriel, car l'industrie consomme beaucoup d'eau et les exigences de la qualité de l'eau sont parfois très élevées.

Une eau de mauvaise qualité a des conséquences sur la production agricole, car l'agriculture a recours aux eaux brutes, non traitées, pour l'irrigation des cultures.

Le côté inesthétique des cours d'eau pollués entraîne une disparition de l'industrie touristique. Il faut, par ailleurs, remarquer qu'un cours d'eau pollué n'a plus (ou presque plus) de poissons et la baisse de l'activité piscicole diminue les revenus des pêcheurs et a un impact sur l'économie nationale (Baok, 2007).

1.5 La nécessité de l'épuration

Les impacts et les conséquences citées précédemment montrent la nécessité de l'épuration des eaux usées. Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être compatibles avec les exigences de l'hygiène et avec les exigences des diverses utilisations exp : agricole ou industrielles, navigation et activités sportives).

1.6 Les procédés de l'épuration des eaux usées

1.6.1 L'épandage

Est la méthode d'épuration la plus ancienne qui consiste à arroser le sol avec les eaux usées. En s'infiltrant dans le sol, l'eau brute est débarrassée des particules grossières par filtration, retenue à la surface du sol, par contre les plus fines continuent leur filtration dans le sol et subissent une dégradation par les micro-organismes présents dans le sol.

1.6.2 Les lagunes naturelles

Dans ce type de lagunes, l'épuration se fait d'une façon naturelle par le biais de grands bassins dont l'eau se déplace d'un bassin à l'autre.

Il peut être :

✓ **Aérobic** où l'oxygène nécessaire est fourni par des algues grâce au phénomène de photosynthèse. La profondeur du bassin doit être faible dans le but d'assurer une pénétration intense de la lumière et d'éviter le lancement du phénomène anaérobic (**Ghadbane, 2007**).

✓ **Anaérobic** : Ces bassins sont caractérisés par un développement important d'algues, sous forme de masse flottantes et un dégagement de gaz. Ce type de lagune est conçu pour les eaux usées industrielles (**Ghadbane, 2007**).



Figure.01: Lagune naturelle

1.6.3 Les stations d'épuration (STEP)

Est une installation assurant l'épuration des eaux usées domestiques, industriels...etc. qui sont raccordées au réseau d'assainissement. La station rejette une eau épurée dans le milieu naturel qui doit être conforme aux normes en vigueur. Les résidus de traitement sont récupérés sous forme de boues.



Figure.02: station d'épuration des eaux usées épurées en irrigation
(KESSIRA MOHAMED. Algérie 2013)

1.6.3.1 Les différents étapes de traitement des eaux usées au niveau de la STEP

Les eaux usées sont acheminées vers une station d'épuration ou elles subissent plusieurs phases de traitement (physiques, biologiques et chimiques).

a- Procédés physiques (prétraitement)

Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou particules les plus grossiers, susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements ces procédés de prétraitement sont ; Le dégrillage, Le dessablage, Déshuilage et dégraissage (Ladjel, 2006).

Concernent le dégrillage ; en faisant passer l'eau à travers des grilles plus ou moins grossières pour récupérer tous les éléments solides plus gros que les espacements des grilles. Ensuite, l'eau issue subit une opération de dessablage et de déshuilage- dégraissage dont la vitesse d'écoulement de l'eau est ralentie. Des particules de taille plus petite vont se sédimenter, alors que les graisses, moins denses, vont remonter à la surface. On va alors retirer les sables par pompage et prélever l'écume (Djeddi, 2007).

b- Procédés chimiques (traitement secondaire)

Ils sont mis en œuvre dans la mesure où on enregistre la présence de matières toxiques dans les eaux usées ou utilisées pour la transformation de certains éléments en particules séparables de la phase liquide (coagulants et floculant) ou également pour l'élimination de microorganismes (désinfection) (Ghedbane, 2007).

c- Les Procédés biologiques

Le traitement biologique repose sur l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies en absence d'oxygène, Ou aérobies nécessitant un apport en oxygène (Boukhalfa et Kafi, 2013).

✓ Les boues activées

A raison de plusieurs grammes par litre, les micro-organismes évoluent dans une solution maintenue en agitation et alimentée en oxygène par un brassage ou insufflation. L'eau usée est amenée en continu et le temps de séjour dans le réacteur biologique varie de quelques heures à quelques jours (Vendevienne, 1982).

✓ Les lits bactériens

Dans un lit bactérien, une culture des micro-organismes se fixe et se développe pour former un véritable film biologique (biofilm), l'effluent des eaux usées est distribué par aspersion en surface où il sera traité (Ghedbane, 2007).

✓ Les disques biologiques

Dans une installation à disques biologiques, l'effluent préalablement décanté est admis dans un bassin où les disques sont partiellement immergés. Ceux-ci tournent à une vitesse de 01tour par minute dans le sens de circulation de l'eau. Ils sont regroupés sur des axes. La rotation permet ainsi le contact entre les micro-organismes fixés au disque qui se développent et l'effluent, puis l'aération de cette biomasse (Ghedbane, 2007).

d-Le traitement tertiaire

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères performantes, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables qui échappent à la décantation. En outre, même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants. La principale méthode utilisée est la

désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact longs(Ladjel, 2006).

1.7 Utilisation des eaux usées épurées

Les eaux épurées peuvent être utilisées dans différents domaines :

- ❖ Irrigation des terres agricoles situées à l'aval de la station d'épuration,
- ❖ Irrigation des espaces verts,
- ❖ Stations de lavage,
- ❖ Activités sportives (navigation...)

1.8 Les normes de rejet des eaux usées

Avant que les eaux usées épurées soient rejetées dans le milieu naturel, elles doivent impérativement obéir à des normes. Dans la littérature, il existe plusieurs normes internationales comme les normes de la Fédération d'agriculture et de nourriture (FAO) établies en 1985 et celles de l'organisme mondiale de santé (OMS) en 1989. Et des normes algériennes.

1.8.1 Normes Algériennes

En Algérie, des normes nationales physico-chimiques et bactériologiques ont été établies selon le journal officiel délivré le 05/07/2012 relatives à la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation. Ces normes sont récapitulées dans les tableaux01 et 02 ci-après.

Tab 01 : Normes de paramètre physico-chimiques de réutilisation des eaux usées épurées.

	Paramètres	Unité	Concentration maximal admissibles
physique	pH	-	6.5<PH<8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
chimique	DBO ₅	mg/l	30
	DCO	mg /	90
	Cl	meq/l	10
	Nitrate (NO ₃)	mg/l	30
	Bicarbonate(HCO ₃)	meq/l	8,5
	Aluminium	mg/l	20,0
	Arsenic	mg/l	2,0
	Béryllium	mg/l	0,5
	Bore	mg/l	2,0
	Cadmium	mg/l	0,05
	Chrome	mg/l	1,0
	Cobalt	mg/l	5,0
	Cuivre	mg/l	5,0

Eléments toxiques (*)	Cyanures	mg/l	0,5
	Fluor	mg/l	15,0
	Fer	mg/l	20,0
	Phénols	mg/l	0,002
	Plomb	mg/l	10,0
	Lithium	mg/l	2,5
	Manganèse	mg/l	10,0
	Mercure	mg/l	0,01
	Molybdène	mg/l	0,05
	Nickel	mg/l	0,05
	sélénium	mg/l	0,02
	vanadium	mg/l	1,0
	zinc	mg/l	10,0

(*) : pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

(Source : JO, 2012)

Tab 02 : Spécifications microbiologiques des eaux usées épurées utilisés à des fins d'irrigation

Groupe de cultures	Paramètre microbiologiques	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml)	Nématode intestinaux (Oeuf/l)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire	<250	<0,1
Arbres Fruitières(1) Cultures et arbustes Fourragers(2) Cultures céréalières Cultures industrielles(3) Arbres Forestiers Plantes Florales et ornementales(4)	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée(5)(6)	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

(Source : JO, 2012)

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant cueillette, aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

- (2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation ou mois une semaine avant la coupe.
- (3) Pour la culture industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissif peuvent être adaptés.
- (4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100ml) est justifiée pour l'irrigation des parts et des espaces verts avec les quels le public peut avoir un contact direct, comme la pelouse d'hôtels.
- (5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage de Suits et légumes.
- (6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées, aucune population alentour

I.9 Les cultures adaptées

La répartition des cultures pouvant être irriguée à partir des eaux usées épurées est donnée au tableau 03 suivant avec des certaines consignes d'utilisation.

Tab03: listes des cultures pouvant être irriguées avec des usées épurées

Groupe de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres Fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, poire, abricot, cerise, olive
Agrume	Citron, orange, mandarin
Cultures Fourragères (2)	Bersim, sorgho fourrage, vesce et luzerne
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, coton
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois
Arbustes Fourragers	Acacia et atriplex
Plants Florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, marjolaine et romarin

(Source : JO, 2012)

- (1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruite.
- (2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

Elle présente le type des sols les cultures adaptées de la zone études est un sol argileux-limeuses est caractérisé par la présence de calcaire.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

II.1. Situation géographique de la zone d'étude

La ville de M'sila est située au Nord Est de la Wilaya de M'silaet à une distance d'environ 248Km au Sud Est de la capitale d'Alger (Fig. 03) aux coordonnées géométriques suivantes : $35^{\circ}45'N$ et $4^{\circ}35'E$.

Elle est limitée : au nord par la wilaya de Bordj Bou Arreridj Commune d' (Elaach), au sud par la commune OuledMadhi, à l'Ouest ; par la commune de Ouled Mansour et à l'Est par les communes de Metarfa.



Figure.03: Situation géographique de la ville et de la STEP de M'sila
(Source : Image satellite Google Earth 2016).

La station d'épuration (STEP) de la ville de M'sila est située au sud à environ 9Km du centre de la ville de M'sila et sur la rive droite d'Oued M'sila. Elle s'étend sur une superficie de 4,16ha. aux coordonnées géométriques suivantes : $35^{\circ}40'N$ et $4^{\circ}30'E$.

II.2. Description générale de la Station d'épuration

Le tableau ci-dessous, présente la Fiche technique de la STEP du M'sila.



Figure.04: Vue en plan de la STEP. (Image satellite Google Earth 2016)

Tab04: Fiche technique de la station d'épuration.

Ville	M'SILA
Nom	Station d'épuration de M'sila
Date de mise en service	Avril-2013
Procédé d'épuration	Boue activé à faible charge
Capacité actuelle et à l'horizon en(EQ/Hab)	200,000 au 300,000
Volume nominal actuelle et à l'horizon en(m ³ /J)	32000 au futur 48000
Communes raccordées à la STEP	M'sila
Impacts	Elimination des rejets et lutte contre les MTH
Devenir des boues (décharge/aire de stockage/agriculture)	Aire de stockage
Oued	Oued M'sila

(Source : DRE, 2016)

II.3. Le procédé d'épuration de la STEP de M'sila

La station d'épuration des eaux usées de la ville de M'sila se compose principalement des ouvrages assurant le traitement sous les étapes suivantes (voir figure 05):

II.3.1. Le traitement préliminaire (prétraitement)

A l'arrivée à la station d'épuration, les eaux brutes subissent un prétraitement visant essentiellement à l'élimination des matières flottantes ou en suspensions, qui peut constituer une gêne pour les traitements ultérieurs à savoir : Dégrillage grossier, Poste de relevage, Dégrillage fin et Dessablage/déshuileage.

II.3.2 Le traitement secondaire

Le traitement se fait dans deux filières de bassins biologiques. Chaque filière comportant :

- Bassins biologiques
 - Un bassin anoxique
 - Un bassin aérobique
- Décantation secondaire

II.3.3 Le traitement tertiaire

Qui consiste à la désinfection par chloration

II.3.4 Le traitement des boues

- Station de pompage des boues
- L'épaississement

II.3.5 La déshydratation des boues

Il existe deux méthodes de déshydratation des boues dans la STEP :

- a- La déshydratation naturelle (lits de séchage)
- b- La déshydratation mécanique des boues



- 1-entrée (station de relevage),
- 2-Prétraitement,
- 3-Répartition,
- 4-bassin d'aération,
- 5- (02) décanteurs,
- 6-puits à boues,
- 7-épaisseur,
- 8-canal par chal.

Figure.05: Les processus d'épuration des eaux usées urbaines dans la STEP de M'sila

II.4. la géologie et hydrogéologie

Les études géologiques et géophysiques indiquent que la ville de M'sila est caractérisée par la présence d'un remplissage détritique très hétérogène, daté du Mio-Plioquaternaire, constitué de sables, graviers et galets dans une matrice argilo-limoneuse qui représente l'aquifère principal de la plaine de M'sila (LeHouerou et Claudin, 1972)

Pliocène : ce sont des formations bien limitées près des Oueds, des témoins de terrasses de 5m au maximum, composés de sables et conglomérats à ciment calcaire.

Miocène : il est transgressif sur le crétacé et la discordance angulaire sur l'Oligocène « il masque graduellement les couches de l'Oligocène et de Lutétien supérieur » .

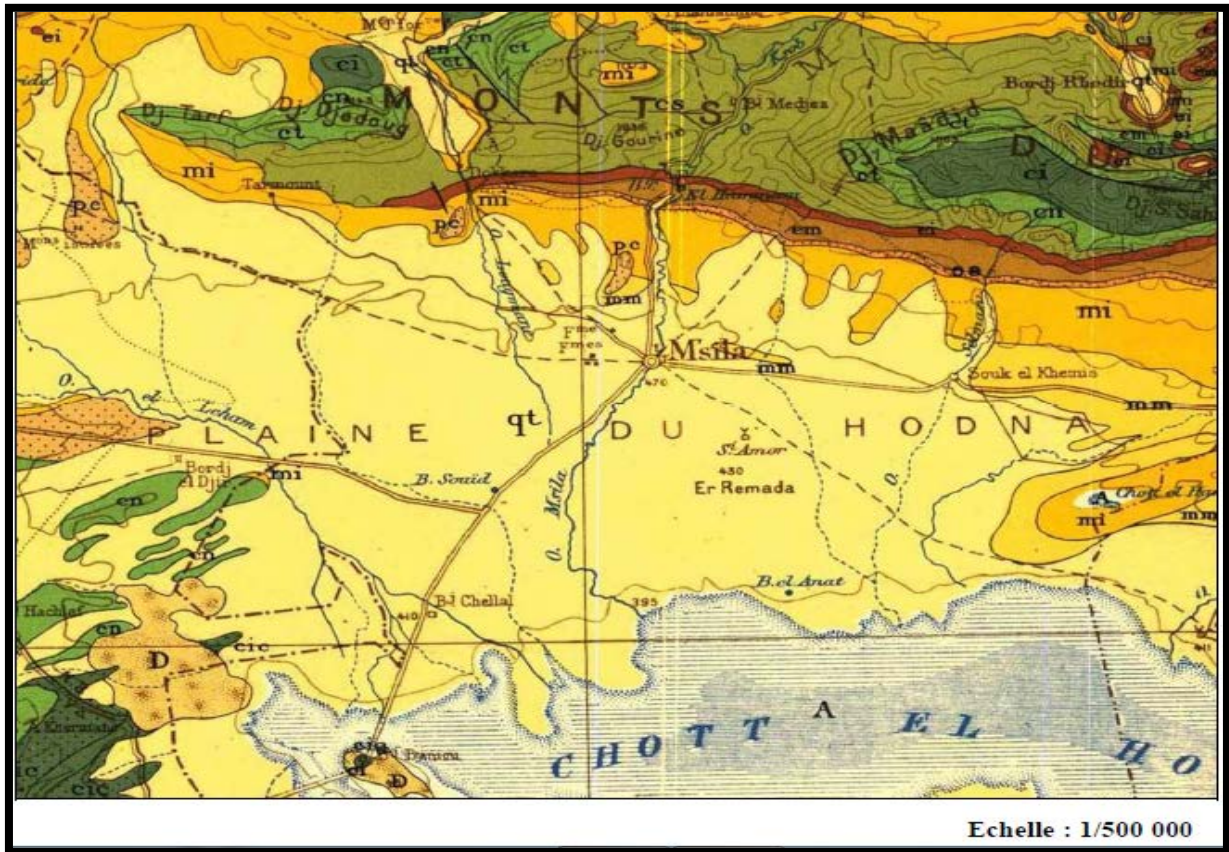


Figure.06: Carte géologique de la ville de M'Sila

(Source : Extrait de la carte géologique de l'Algérie. D'après M.J. Flandrin, 1951)

A : Alluvions	qt : Quaternaire	D : Dunes	mm: Miocène moyen
mi : Miocène inférieur	Es : Eocène supérieur	Em : Eocène moyen	Ei : Eocène inférieur
Ct : Maastrichtien	Cn: Aptien	Ci : Berriasien	

II.5. Réseau hydrographique

La région de M'sila est sillonnée par plusieurs cours d'eau, dont le principale est Oued K'sob

Le K'sob est formé de deux branches qui prennent naissance sur le versant Nord des monts de Maadhid. Il traverse la ville du Nord au sud (**Louanas et Ghodbane, 2011**).

II.6. Etude socio-économique

II.6.1. Système d'assainissement

Le réseau d'assainissement de la ville de M'sila, étant du type unitaire, recouvrant pratiquement la totalité de la ville (Voir tableau 05 ci-après et figure 07 mentionnée dans l'annexe)

Tab05: Le réseau d'assainissement de la ville M'silla (D.H.W. 2013).

Population (2016)	177 800 hab avec un taux d'accroissement de 2,8%
Taux de raccordement	> 80%
Longueur total	288,26 Km
Nombre de Collecteurs principaux	03 collecteurs
Le nombre de rejets	5 rejets
Le volume des eaux usées rejetées	49,600m ³ /J
Le volume épurée	34,720m ³ /J

II.6.2. Le tissu industriel

Le tableau ci-dessous montre les différentes installations industrielles dont leurs rejets rejoignent la station d'épuration.

Tab06 : Liste des installations industrielles de la commune de M'sila (D.H.W, 2013).

N°	Nom de l'industrie	Activité principal	Milieu récepteur
01	ALGAL+ZONE INDUSTRIELLE	Transformation de l'Aluminium	Réseau d'Assai de la ZI après le traitement au sein de Station d'épuration existante
02	SARL HODNA LAIT	Production des Produits laitiers	Réseau d'Assai de la ZI après le traitement
03	SONELGAZ CENTRATE THERMIQUE DRAA EL-HADJA	Production d'électricité	Rejet domestique vers l'Oued
04	NAFTAL SPA ZONE INDUSTRIELLE	Distribution des produits pétroliers	Réseau d'Assai de la ZI
05	NAFTAL ZEA	Enfutage du gaz	Réseau d'Assai de la ZEA

06	Station de Pompage du pétrole	Transport par canalisation du pétrole	Rejet vers l'Oued Après le traitement
07	O.N.A.B ZONE INDUSTRIELLE	Fabrication aliment du bétail	Réseau d'Assai de la ZI
08	ERIAD M'SILA	Trituration blé dur et tendre	Réseau d'Assai de la ville
09	SPA COSIDER TRAVEAUX	Rénovation entretien des engins de travaux publie	Rejet vers l'Oued

II.7. Etude climatique

Les données climatiques proviennent de la station météorologique de M'sila, sur une période de 26ans (1988-2013).

Le tableau ci-dessous donne les caractéristique géographique de la station météorologique de M'sila.

Tab07 : caractéristique de la station météorologique de M'sila.

Caractéristique de station	Longitude	Latitude	Altitude (m)
M'sila	04° 30 N	35° 40 N	441

II.7.1 Les Précipitations

La Précipitation constitue un facteur écologique d'importance fondamentale.

Tab 08 : Précipitation moyennes mensuelles en (mm) de la station de M'sila (1988-2013)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	Annuel
P (mm)	27,3	21,2	18,6	18,9	17,4	12,9	15,4	21,6	24,0	9,9	3,8	7,6	198,4

(Source : ONM ,2016)

Les résultats du tableau précédent montrent que les précipitations moyennes annuelle dans la région de M'sila est de l'ordre de **198,4 mm**.

La répartition saisonnière des précipitations est donnée dans la figure suivante :

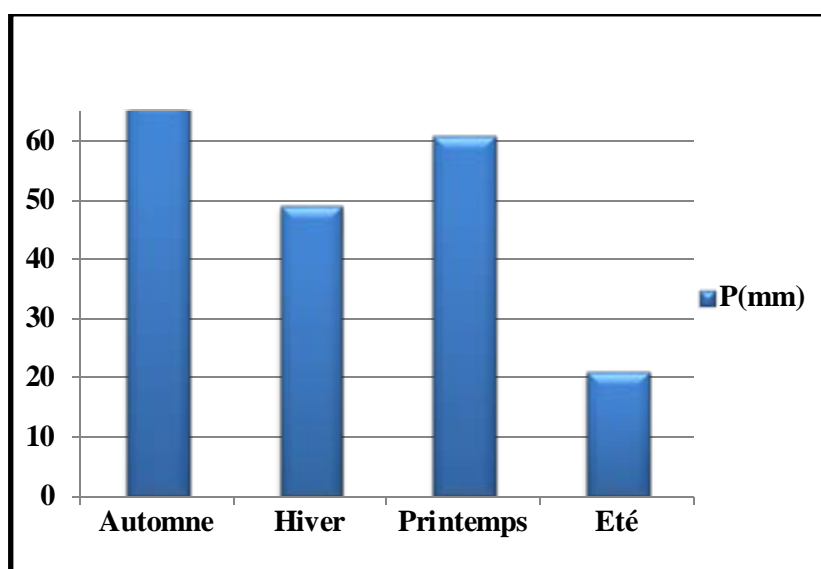


Figure.08: Répartition des précipitations saisonnières de la ville de M'sila (1988- 2013).

L'analyse de la figure n° 04 montre que le régime saisonnier des précipitations dans la ville de M'sila est de type **APHE** (Automne, Printemps, Hiver, Eté), ceci signifie que l'automne est la saison la plus arrosée, alors que l'été est la saison la plus sèche.

II.7.2 La température

La température représente un facteur incontournable ayant un grand impact sur le climat.

Le tableau et figure suivants indiquent la distribution mensuelles enregistrées à la station météorologique de M'sila.

Tab 09 : Températures moyennes mensuelles de la station de M'sila (1988-2013).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	Moy annuel
T° moy (°C)	25,7	20,3	13,6	9,2	8,3	9,7	13,7	16,8	22,4	28,2	31,9	31,4	19,3
T° max (°C)	38,4	32,5	25,1	19,6	19,0	21,6	27,1	30,7	36,3	41,1	43,6	42,5	31,4
T° min (°C)	13,7	8,2	1,3	-2,1	-1,6	-1,2	1,3	4,2	8,4	14,0	19,2	18,7	7,0

(Source : ONM ; 2016)

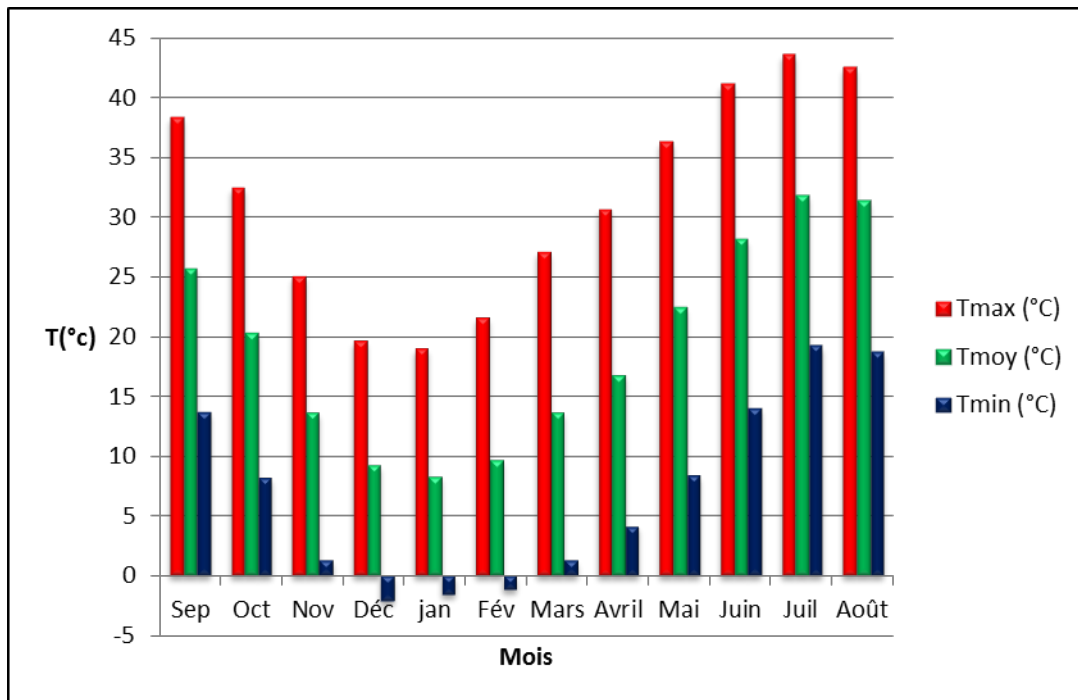


Figure.09: Les variations des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales dans la région de M'sila (1988-2013).

D'après la figure n°09, l'histogramme des températures moyennes mensuelles montre que le mois de janvier est le mois le plus froid, avec une valeur de 8,3 C°, alors que le mois le plus chaud est le mois de juillet, avec un maximum moyen de 31,9C°.

L'histogramme des températures moyennes maximales montre que, la température maximale la plus élevée est enregistrée en juillet avec 43,6C°, et la température minimale moyenne la plus basse est enregistrée en janvier avec 19C°.

Pour les températures moyennes minimales, l'histogramme montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrée au mois de juillet avec 19,2C°, tandis que les plus basses sont enregistrées en Décembre avec -2,1°C.

II.7.3. Indices d'aridité annuel de DE MARTONNE

L'indice d'aridité de De Martonne, noté I, permet de déterminer le degré d'aridité d'une région. Pour le calculer, on utilise la formule :
$$I = \frac{P}{T+10}$$

Où : P désigne les précipitations totales annuelles et T la température moyenne annuelle.

I=6,78 il est inférieur à 10, donc le climat de la ville de M'sila est aride.

II.7.4. Climagramme d'Emberger

Selon **Amandier (2013)**, l'indice d'Emberger a été mis en point dans les années 60 pour caractériser les différents climats méditerranéens à partir des données météorologiques plus couramment relevées.

Ce Climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique.

Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

$$Q = 200 \cdot \frac{P}{M - m}$$

Q : Le quotient pluviométrique d'Emberger.

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud.

m : Moyenne minimale du mois le plus froid.

Après application de la formule, les valeurs de Q₂ et un sont portés sur le Climatogramme ce qui localise la ville de M'sila dans l'étage climatique aride. (voir figure 10)

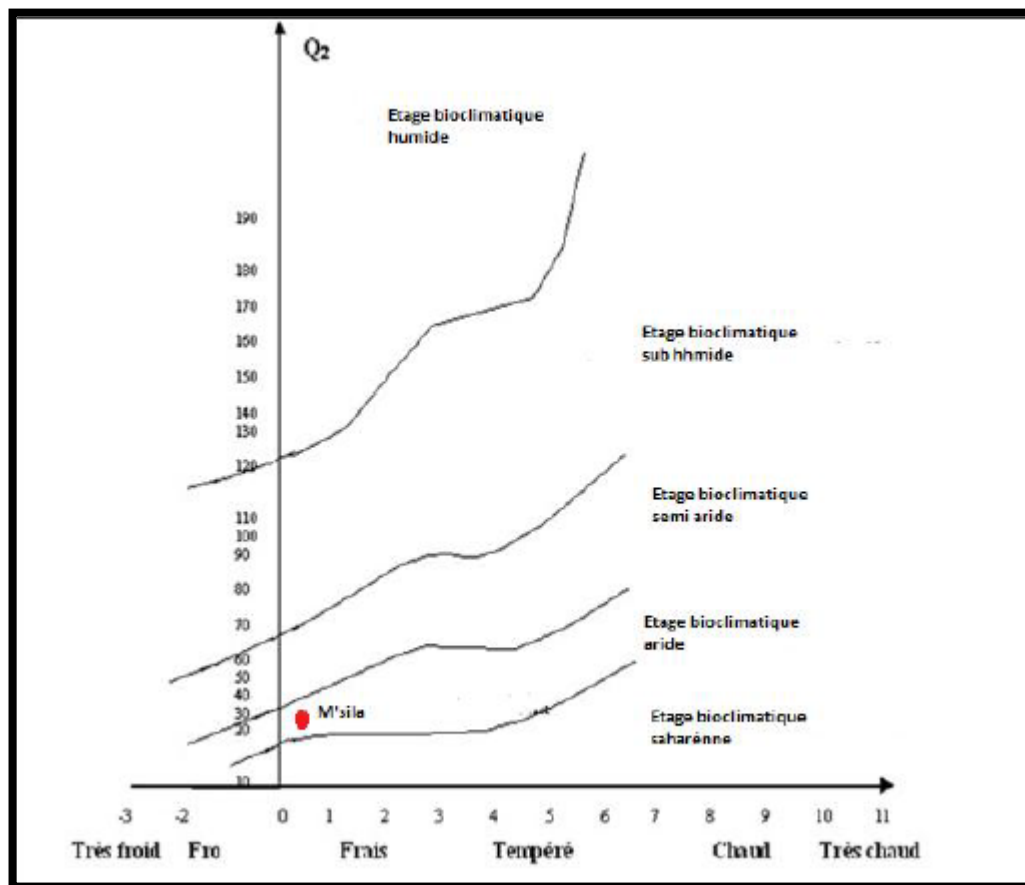


Figure.10: Position de la région de M'Sila dans le Climatogramme d'Emberger durant la période (1988 – 2013)

Chapitre III

Matériels et méthodes

Dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologiques des eaux usées épures de la ville de M'sila jusqu'à de traitement de la station d'épuration, deux étapes principales se succèdent : l'étape de l'échantillonnage et l'étape d'analyse, le tout formant une chaîne de mesure.

III.1. L'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, car il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations, qui en seront données. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Rodier *et al.*, 2009).

Dans notre cas, le prélèvement concerne uniquement les eaux usées épurées de la station d'épuration. Il a été réalisé à la sortie de l'eau épurée en deux périodes différentes, un au mois de Février et l'autre au mois de Mai.

Les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire de la station d'épuration et au niveau du laboratoire d'agronomie de l'université de M'sila.

III.1.1. Prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement de l'eau épurée a été effectué une fois durant la journée pendant deux périodes différentes.

Les échantillons des eaux usées épurées sont recueillis dans des bouteilles en plastique pour les analyses physico-chimiques. Pour les paramètres bactériologiques, on a utilisé des flacons en verre stérilisés à 120°C, pendant une heure.

Les bouteilles de prélèvement sont nettoyées et identifiées au préalable ; sur chacune, on note la date, l'heure et l'endroit de prélèvement sont mentionnés.

Sur site les bouteilles sont d'abord rincées deux à trois fois par l'eau à analyser, puis elles sont remplies, en les plongeant à une profondeur de 20cm de la surface de l'eau. Durant la période de prélèvement, on évite toute modification des caractéristiques des échantillons (teneur en gaz, composés volatils dissous, contamination biologique...).

Le temps de transport des échantillons doit être minimisé au maximum jusqu'à l'arrivée au laboratoire. Les échantillons doivent être conservés à une température entre (3°C et 5°C) afin de garantir leur intégrité.

Le tableau ci-dessous donne la chronologie des prélèvements et les paramètres à analyser.

Tab 10 : la chronologie des prélèvements et les paramètres analysés.

Les points de prélèvement	Les dates de prélèvement	Paramètres analysés
PI : eau épurée	P1 :27/02/2017	Paramètre physico-chimique PH, T°, MES, DBO ₅ , DCO, nitrate, sulfate, calcium, magnésium, chlorure, bicarbonate.
	P2 :08/05/2017	Paramètres bactériologiques : Germe totaux, les coliformes totaux, A.S.R, les staphylococcus aureus.

III.2. Les analyses physico-chimiques

III.2.1. Les mesures in situ

Pour chaque prélèvement d'échantillon, des mesures in situ sont effectuées, afin de déterminer certaines caractéristiques très sensibles aux conditions du milieu, comme la température, le pH et l'oxygène dissous.

III.2.1.1. La température

✓ Mode opératoire

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre de type Tempé Mètre. PDO-408). On plongeant l'électrode à environ 15cm de profondeur pendant 10 minutes et on prend la valeur affiché, le résultat est exprimé en degré Celsius (°C).

III.2.1.2. Le potentiel hydrogène (pH)

✓ Principe

C'est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant de même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺(Rodier et al., 2009).

✓ Mode opératoire

Les mesures du pH sont effectuées à l'aide d'un pH-mètre de type Lovibond-pH-110. L'eau à examiner sera amenée au contact de l'électrode par circulation. La lecture est faite après stabilisation de la valeur affichée du pH.

III.2.1.3. Les matières en suspension (MES)**✓ Principe**

Les matières en suspension sont obtenues soit par filtration des effluents peu chargés, Soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à l'évaporation total d'eau (Rodier et al., 2009).

✓ Mode opératoire

Dans notre analyse, nous avons adopté la méthode de la filtration. L'eau est filtrée et le Poids de matière retenues par le filtre et déterminé par pesée différentielle .

Mode opératoire de la mesure des M.E.S

Dans notre analyse on a utilisé la méthode de la filtration :

- On prend une membrane GFC (Glass Microfibercircles) et la marquer avec précaution pour ne pas l'abimer ;
- Peser la membrane et noter sa masse à vide M_0 ;
- Placer la membrane sur la rampe de filtration ;
- Bien agiter l'échantillon ;
- Prélever un volume de l'échantillon et le transvider sur la membrane (on prend 250ml pour l'eau épurée et 25 pour l'eau brute) on utilise la pompe à vide pour accélérer le mécanisme de la filtration ;
- Récupérer la membrane après la filtration, puis la placer dans une étuve à 105°C pendant 2h30mn pour enlever l'excès d'eau ;
- Peser de nouveau la membrane, après séchage, puis noter sa masse M_1 .



Figure.11: Les équipements utilisés pour la filtration (Pompe à vide)

✓ **Expression des résultats**

Le rapport entre la différence des masses et le volume filtré donne la concentration des Matières en suspension dans l'échantillon. On applique la formule suivante :

$$C_{MES} = (M_1 - M_2) \cdot 1000 / V$$

- C_{MES} : concentration des MES en mg/l ;
- M_0 : masse de la membrane avant filtration ;
- M_1 : masse de la membrane après filtration ;
- V : volume d'échantillon filtré.

III.2.1.4. La demande biologique en oxygène (DBO₅)

✓ Principe

La détermination de la DBO₅ consiste à mesurer la consommation d'oxygène par voie biologique à une température constante égale à 20°C, pendant un temps limité, par convention 5 jours (Ouali, 2001).

La réduction de l'oxygène au niveau d'une cathode convenable engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution (Rodier, 1996).

✓ Mode opératoire

Nous avons utilisé un DBO mètre de type Lovibond. Pour le mode opératoire

Mode opératoire de la mesure de la DBO₅

➤ Pour l'eau épurée :

Dans un flacon à DBO amené à un barreau magnétique on met 428ml d'eau à analyser, puis on ajoute dix gouttes de l'inhibiteur de nitrification, dans le joint caoutchouc on ajoute trois gouttes de l'hydroxyde de potassium, on place la sonde DBO sur le flacon et incubé le mélange à 20°C pendant cinq jours à l'obscurité.



Figure.12 : Le DBO mètre utilisé dans la station d'épuration des eaux usées de M'sila.

✓ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en (mg /l).

III.2.1.5. La demande chimique en oxygène (DCO)

✓ Principe

La DCO consiste à mesurer la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières oxydables présentes dans l'eau (d'origine organique ou minérale, biodégradables ou non) pendant 2 heures à l'ébullition (150°C) (Ouali, 2001). La DCO est mesurée par voie photométrique.

✓ Mode opératoire

On ajoute 2ml d'échantillon dans un tube à réactif de type Lr (0-150) pour l'eau épurée et Mr (0-1500) pour l'eau brute. On ferme hermétiquement les tubes et les mélanger avec précaution. Dans le réacteur, on chauffe les Tube pendant 120minutes, à 150°C. Puis on les laisse refroidir, en suite on fait la mesure à l'aide d'un photomètre de type (Lovibond RD 125).



Figure.13: Spectrométrie (Original)

Remarque : les analyses précédentes ont été réalisées au niveau de laboratoire de STEP

III.2.2. Analyses hors site

Ces analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'agronomie de l'université de M'sila.

III.2.2.1. Dosage des différents types d'anions et cations

a- Les nitrates (NO_3^-)

✓ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de Sodium, coloré en jaune susceptible d'un dosage spectrométrique (**Rodier et al., 2009**).

✓ Mode opératoire

On introduit dans un bécher, 10ml d'eau à analyser et 1ml de salicylate de sodium, le mélange est amené à une évaporation à 75°C jusqu'à la vaporisation total du liquide. Après refroidissement, on ajoute 2ml d'acide sulfurique, la solution est alors laisser au repos pendant 10 min pour le déroulement total des réactions. On ajout 15 ml d'eau distillée et 15 ml de la solution de tartrate de Na OH. Après 10 min de repos finalement obtenue est passée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm (**Rodier, 1996**).

✓ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligramme par litre d'eau. Pour obtenir la concentration en nitrate (NO_3^-), on multiplie ce résultat par 4,43.



Figure.14: Spectrophotomètre (Original)

b- Les sulfates (SO_4^{-2})

✓ Principe

Les ions des sulfates (SO_4^{-2}) sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués Granulométriquement (**Rodier, 1996**).



✓ Mode opératoire

Nous avons utilisé la méthode gravimétrique, Soit (P) le poids de sulfate de baryum trouvé. La pesée est obtenue par la méthode différentielle (**Rodier et al, 2009**).

Mode opératoire de dosage des ions de sulfate

- Ajoute 100 ml d'eau à analysé ajouter 5 ml HCl (10%) ;
- Chauffer la solution jusqu'à l'ébullition en agiter constamment pour éviter les projections ;
- Ajouter goutte à goutte 20 ml de chlorure de baryum à 10% ;
- Prolonger l'ébullition à 10 minutes sans interrompre l'agitation ;
- Laisser reposer puis filtrer la solution ;
- Laver le précipité bien par l'eau distillé bouillante et laver par l'éthanol ;
- Prélever le papier à filtre et disposer dans un creuset, puis disposer dans le four à calcination pour la dessiccation total ;
- Laisser refroidir et peser.

✓ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml : (SO_4^{2-}) (mg /l)= P x 10x 0,41155

C- bicarbonates (HCO_3^-)

✓ Principe

C'est la détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée qui est nécessaire pour neutraliser un volume d'eau à analyser à un pH variant de 4,3 à 8,3. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

✓ Mode opératoire

Prendre 100 ml d'eau à analyser, noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,3 (**Rodier, 1996**).

✓ Expression des résultats

$(\text{HCO}_3^-) = (\text{VA} \times \text{CA} \times \text{M}(\text{HO}_3^-)) \times 100/\text{PE}$.

- VA : volume d'acide versé
- CA : normalité d'acide versé ;
- M (HO_3^-) : masse des bicarbonates (HCO_3^-) ;
- PE : prise d'essai.

D- La dureté de l'eau

La dureté ou titre hydrométrique (TH) d'une eau correspond à la somme des Concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions de : fer, aluminium, manganèse et strontium. La dureté totale s'exprimée en Ca CO_3 (mg/l) (**Rodier et al., 2009**).

✓ Expression des résultats

La dureté s'exprimée en CaCO_3 (mg/l), est égale à $(V_1+V_2) \times 1000/50$.

- V_1 : volume de dosage du calcium ;
- V_2 : volume de dosage du magnésium

E- Le calcium (Ca⁺⁺)✓ **Principe**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A, à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de Murexide. L'E.D.T.A réagit tout d'abord avec les ions des calciums libres, puis avec les ions calciums combinés avec indicateur qui varie alors de la couleur rouge à la couleur violet (**Rodier, 1996**).

✓ **Mode opératoire**

Ajouter 25 ml d'eau à analyser, sont ajouté 1 ml de NaOH à 2N, puis du Murexide, et titrer avec l'E.D.T.A, jusqu'au virage « violet », puis notée (V₁) (**Briki, 2010**).

✓ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 25ml la teneur en calcium est égale à :

$$\text{Ca (mg /l)} = V_1 \times 0,4008 \times 1000/25$$

F- Le magnésium (Mg⁺⁺)✓ **Principe**

Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A, ce dosage se fait en présence de noir eriochrome. L'.D.T.A. réagit tout abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur violet à la couleur bleu (**Rodier, 1996**).

✓ **Mode opératoire**

Ajouter 25ml d'eau à analyser, ont ajoute 1 ml de NH₄ OH de pH égale à 10,1, puis 2ou 3 gouttes de noir eriochrome et on titre avec l'E.D.T.A. jusqu'au virage bleu puis notée (V₁) (**Briki, 2010**).

✓ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 25ml la teneur en magnésium est égale à :

$$\text{Mg(mg /l)} = V_2 \times 0,243 \times 1000/25.$$

g- Le chlorure (Cl⁻)

✓ Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre, par une solution titrée de nitrate d'argent en présence du chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (**Rodier et al., 2009**).

✓ Mode opératoire

Prendre 25ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de (K₂ CrO₄) (coloration jaunâtre) puis titrer les avec le nitrate d'argent (Ag NO₃) 0,01N jusqu'au virage brunâtre

✓ Expression des résultats

La concentration des chlorures dans l'eau est donnée par la formule suivante :

$$\text{Cl}^-(\text{mg /l}) = V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{Cl/PE}}$$

V_{AgNO_3} = volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon;

N_{AgNO_3} = Normalité d'AgNO₃ ;

M_{Cl} = Masse des chlorures.

III.3 Les analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été aussi réalisées au niveau du laboratoire l'A.D.E de M'sila.

Dans notre étude, on essaye de rechercher les germes indicateurs de pollution des eaux qui sont :

- Les germes totaux ;
- Les coliformes ;
- Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) ;
- Les staphylocoques.

Le dénombrement des microorganismes présents dans l'eau est effectué par le calcul statistique du nombre le plus probable d'unité infectieuse (NPP), après répartition de l'inoculum dans un certain nombre de tube de milieu de culture liquide, et en tenant compte du nombre respectif de cultures (positives) ou (négatives) obtenues.

III.3.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

✓ Principe

La recherche et le dénombrement des germes révivifiabiles se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 22°C, et ceux mésophiles soit 37°C.

✓ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, on prend aseptiquement, 2 fois, 1ml pour les déposer dans deux boîtes de pétries vides numérotés. On complète chaque une des boîtes avec environ 20ml de gélose TGEA fondue, puis refroidie à 1°C.

Faire des mouvements séculaires de va et vient, en forme de 8, pour permettre à l'incubation de ce mélange à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose blanche. Cette double couche à un rôle protecteur contre les contaminations déverse.

✓ La lecture

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous formes de colonies lenticulaires poussant en masse.

✓ Le dénombrement

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte des remarques suivantes :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies ;
- Le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 20°C et à 37°C.

III.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes

La colimétrie consiste à déceler et à dénombrer les germes coliformes dont les coliformes fécaux, notamment d'origine fécale. Elle se réalise en deux étapes :

- La recherche présomptive des coliformes ;
- La recherche confirmative des coliformes totaux, et éventuellement des autres coliformes.

➤ Test présomptif

Il est effectué en utilisant le bouillon lactosé pourpre de bromocresol (B.C.P.L).

Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 5 Tubes de 10ml de B.C.P.L simple concentration avec 10ml d'eau muni d'une Cloche de Durham.

- 5 Tubes de 10ml de B.C.P.L simple concentration avec 1ml d'eau muni d'une cloche De Durham.

✓ La lecture

La lecture se fait après 48h d'incubation. Tous les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1 /10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le

Témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du nombre le plus probable (NPP).

➤ Test confirmatif

A partir de chaque bouillon BCPL positif pour la recherche de coliformes totaux,

Ensemencer 2à 3 gouttes dans un tube de milieu indole mannitol (milieu de Schubert) muni d'une cloche de Durham.

✓ La lecture

Après 24h d'incubation sous une température de 44°C, tous les tubes, présentant une culture, de gaz dans la cloche et une réaction indole positive (anneau rouge en surface).

Après L'espèce *Staphylococcus aureus* se présente sous forme de coquille, en grappe, Gram⁺, possédant l'enzyme catalase et la coagulase.

Dans notre étude, la recherche de cette espèce s'effectue en utilisant l'enrichissement sur milieu de Chapman.

✓ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1ml à l'aide d'une pipette pasteurStérile. Déposer ce volume au centre d'une boîte de pétrie contient à environ de 20 ml du milieu Chapman préparées à cet usage. Ensuite réaliser l'ensemencement ZIG ZAG ou un mouvement pendulaire.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24à48 heures.

✓ La lecture

La lecture s'effectue après 48 heures d'incubation. Repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

L'addition de réactif d'Ehrlich Kovacs, sont considérés comme positif.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte fait qu'Escherichia coli (Lebres. 2006 in BRIKI, 2010).

III.3.3 dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs

✓ Principe

Les anaérobies sulfiti-réducteurs (ASR) se développant en 24et 48heures sur uneGélose viande-foie(VF) ils réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure de fer (FeS) en présence de fer (Fe^{+2}), en donnant des colonies de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne(**Lebres, 2006 in Briki, 2010**)

✓ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

- Prendre environ 25ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffageDe l'ordre de 80°C pendant 8à10 minutes ;
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube ;
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube ;
- Ajouter environ 18 ml de gélose viande-foie, fondue puis refroidie, additionnée une ampoule d'Alum de fer et d'un ampoule de Sulfite de sodium ;
- Mélanger doucement le milieu ;

- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures ;

✓ **La lecture**

Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

III.3.4. Recherche de staphylocoque (*Staphylococcus aureus*)

✓ **Principe**

L'espèce *Staphylococcus aureus* se présente sous forme de coquille, en grappe, Gram⁺, possédant l'enzyme catalase et la coagulase.

Dans notre étude, la recherche de cette espèce s'effectue en utilisant l'enrichissement sur milieu de Chapman.

✓ **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1ml à l'aide d'une pipette pasteur stérile. Déposer ce volume au centre d'une boîte de pétrie contenant à environ 20 ml du milieu Chapman préparées à cet usage. Ensuite réaliser l'ensemencement ZIG ZAG ou un mouvement pendulaire.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

✓ **La lecture**

La lecture s'effectue après 48 heures d'incubation. Repérer les colonies suspectes à

Savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

Chapitre VI

Résultats et discussions

VI.1 Résultats physico-chimiques :

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux prélevées au niveau des stations de traitement des eaux sont résumés dans le tableau 13.

Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau épurée de stations étudiées.

	Paramètre période	Station de traitement		Normes Algériennes
		Février	Mai	
physiques	T (°C)	14,09	18,16	-
	pH	8,05	8,30	6,5<PH<8,5
	CE (ds/m)	3,20	3,49	3
	MES (mg/l)	07	03	30
chimiques	Ca ⁺² (mg/l)	129	104,2	-
	Mg ⁺² (mg/l)	450	437,4	10
	Cl ⁻ (méq/l)	4,20	5,82	10
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	1	0,035	30
	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	30	35,35	8,5
	DBO ₅ (mg/l)	6,5	07	30
	DCO (mg/l)	44,50	46	90
Eléments toxiques	Chrome (mg/l)	-	241	1.0
	Nickel (mg/l)	-	16	2.0
	Cuivre (mg/l)	-	78	5.0
	Cadmium (mg/l)	-	1.5	0.05
	Plomb (mg/l)	-	71	10.0
	Zinc (mg/l)	-	389	10.0

✓ La température

Dans le tableau 13 la température montre que la variation de la température des eaux usées épurées est faible durant toute la période des prélèvements. Les températures sont comprises entre 14 et 19°C (tab 13 et figure 15). Cette variation de la température des eaux est fonction de la variation saisonnière de la température de l'air.

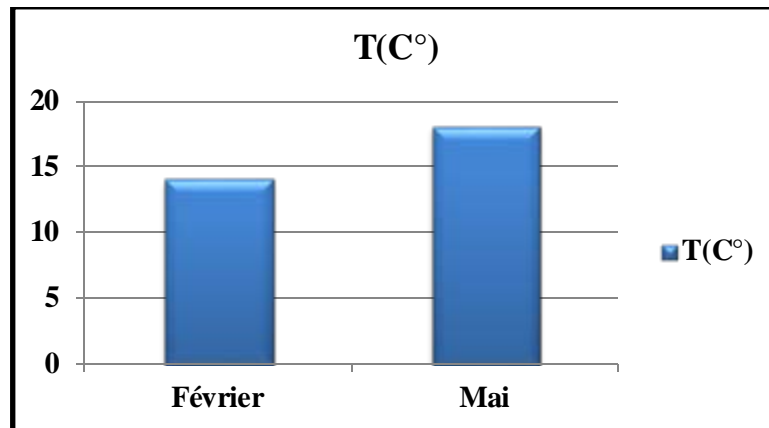


Figure.15: Variation de la température des eaux usées épurée de la STEP de M'Sila

✓ Le pH

le pH des eaux usées épurées est basiques durant toute la période d'étude. Qui sont dûaux lessivage des terres calcique de la plaine.

Ces résultats de pH sont conformes aux normes algériennes.

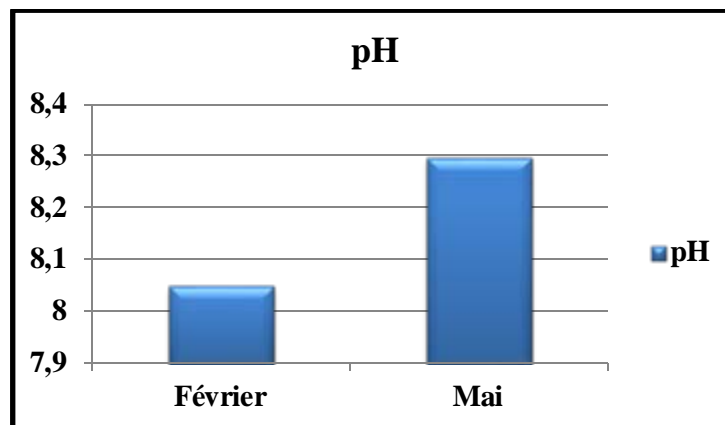


Figure.16: Variation de la pH des eaux usées épurée de la STEP de M' Sila

✓ Les matières en suspensions (M.E.S)

La matière en suspension contenu dans l'eau épurée varie entre 07mg /l en hiver (mais de février) et 03mg/l en période de printemps (moi de Mai). Cette variation sont du à l'apport solide emporté par l'oud durant l'hiver.

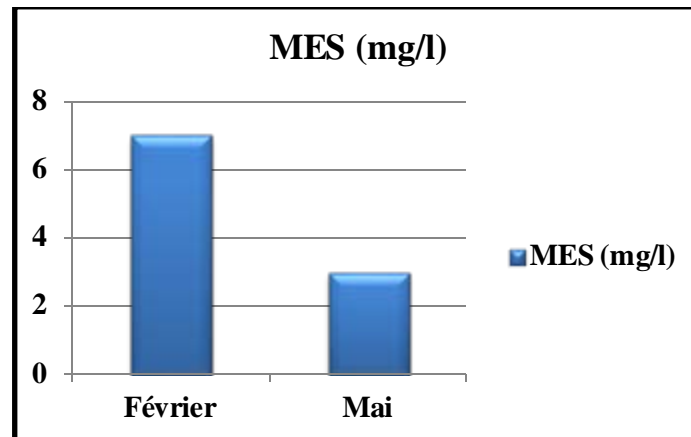


Figure.17: Variation de la MES des eaux usées épurée de la STEP de M' Sila

✓ **La DBO₅**

les valeurs de la DBO₅ des eaux épurées sont comprise entre 6 et 7mg/l. Ces concentrations faibles de la DBO₅ par rapport aux limites de la réglementation algérienne qui sont de l'ordre de 30mg/l sont dues à la dégradation de la matière organique sous l'action des micro-organismes.

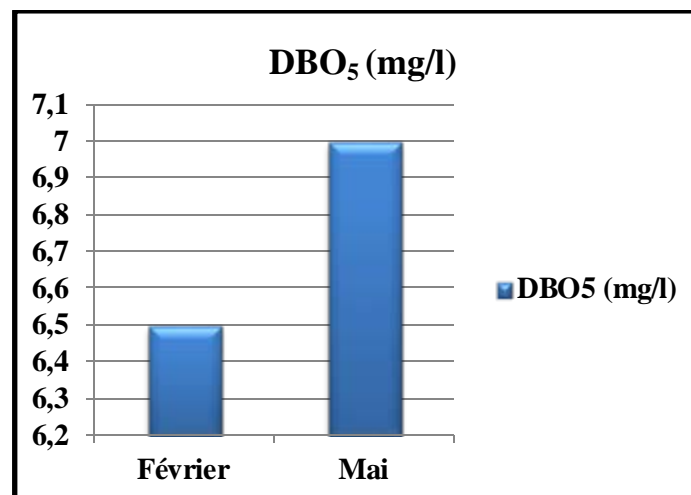


Figure.18: Variation de la DBO₅ des eaux usées épurée de la STEP de M' Sila

✓ **La demande chimique en oxygène (DCO)**

D'après le tableau 13 On remarque que l'oxydation chimique est stable le long des prélèvements, et sont comprise entre 44,50 et 46 mg/l.

Cette diminution est due probablement à une forte oxydation chimique des matières oxydables, qui est témoin d'un traitement d'épuration très efficace de la STEP.

Les normes algériennes préconisent des teneurs limites de 90mg/l.

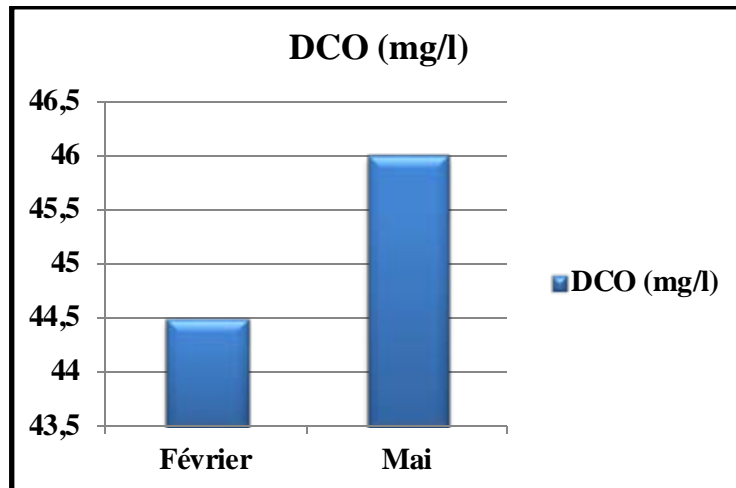


Figure.19: Variation de la DCO des eaux usées épurée de la STEP de M' Sila

✓ La conductivité électrique (CE)

Les valeurs de la CE dépassent la limite arrêté par la réglementation et qui sont dû à la présence des ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Hco_3^- .

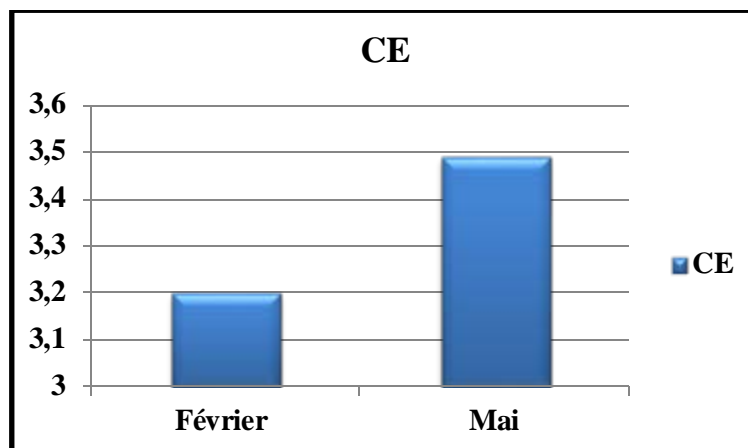


Figure.20: Variation de la CE des eaux usées épurée de la STEP de M' Sila

VI.2 Dosage des différents types d'anions et de cations

✓ Les nitrates (NO_3^-)

Des eaux épurées sont très faibles (0,035mg/l) par rapport à la réglementation algérienne ce qui montre l'efficacité du traitement.

✓ Les bicarbonates (Hco_3^-)

On constate que les taux de bicarbonate au niveau des eaux épurées est élevés (01fois plus la limite arrêtée)

✓ Calcium (Ca^{2+})

On constate que les teneurs en calcium dans l'eau épurée sont très élevées par rapport aux Normes

pour **Briki (2010)** Le calcium existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme de sulfates et de chlorures.

✓ Magnésium (Mg^{2+})

Dans le tableau 13 Le teneur en magnésium dans les eaux usées épurées est très élevée (20 fois supérieur à la norme)

✓ Le chlorure (Cl)

Dans le tableau 13 le teneur en chlorure dans l'eau usée épurées est supérieur à la norme.(02 fois plus)

Les valeurs élevés de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl montent le lessivage des terres calcaïques de la région de M'sila et confirment les valeurs élevés de CE et pH basique.

VI.3 Analyses bactériologiques de l'eau

Les résultats des analyses microbiologiques des eaux usées prélevées au niveau des stations de traitement des eaux sont résumés dans le tableau 14

Tableau 12 : Résumés des analyses bactériologiques de l'eau des stations étudiées.

Paramètre	Unité	Station de traitement	
		Février	Mai
germe- T	germes/ 100ml	Abs	>300
Coli- T	germes/ 100ml	20	>240
Coli-F	germes/ 100ml	12	>240
Staphylococcus aureus	germes/ 100ml	2	Trop chargée
Sulfito- réducteurs	germes/ 100ml	Abs	Abs
Qualité de l'eau		Mauvaise	Mauvaise

✓ Les germes totaux

On constate qu'il y a une charge très élevée des germes totaux dans les eaux usées épurées. En effet, le nombre de germes observé dépasse les 300 par ml.

✓ **Les coliformes totaux et fécaux**

D'après les résultats illustrés dans le tableau ci-dessous, on remarque que le nombre Des coliformes est très élevé de l'eau épurée. elle dépasse 240colonies/ml.

✓ **Staphylococcus aureus**

Nos analyse montre qu'il y'a une charge importante des germes de type Staphylococcus aureus dans les eaux usées épurées.

✓ **Les anaérobies sulfito-réducteurs**

D'après les résultats enregistrés dans le tableau 14, on remarque l'absence de germe Anaérobiessulfito-réducteurs dans l'eau épurée durant toute la période d'étude.

**Conclusion Générale
et recommandations**

Conclusion générale et recommandations

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale.

Dans cette étude, nous avons évalué la qualité physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées épurées de la station d'épuration de la ville de M'sila pour voir la possibilité d'utiliser cette eau à des fins agricoles.

Les résultats physico-chimiques obtenus indiquent que les eaux usées épurées sont caractérisées par un pH basique de 8. Elles se caractérisent par un faible taux en M.E.S (03mg/l) qui est au dessous des normes Algériennes admissibles, et une DBO₅ faible avec une moyenne de 07mg/l. Les teneurs faibles de ces deux derniers paramètres sont dues probablement à la dégradation de la matière organique. Pour la DCO, on constate que les teneurs avoisinent 45 mg/l. Ces eaux usées épurées sont caractérisées par une dureté élevée (forte teneur en Ca⁺² et Mg⁺²).

Concernant les paramètres bactériologiques et des éléments toxiques, on a enregistré des valeurs très élevées. En effet, on a noté l'absence des anaérobies sulfito-réducteurs, et une charge très forte en germes totaux, en coliformes totaux et des coliformes fécaux avec présence de *Staphylococcus aureus*. De plus, on a noté la présence de quantités énormes de métaux lourds comme le Chrome, Nickel, Cuivre, Cadmium, plomb, Zinc.

En effet, les résultats physico-chimiques des eaux épurées sont compatibles avec les normes Algériennes tandis que les résultats bactériologiques et ceux des métaux lourds sont très loin. Donc, les procédés utilisés par la station d'épuration de M'sila sont efficaces à l'échelle physico-chimiques puisqu'il y a une élimination significative de la matière organique (diminution des teneurs en Matières en suspension, DBO₅ et DCO). L'eau est presque transparente, moins d'odeur. Alors que les résultats bactériologiques montrent l'absence des traitements de désinfection au niveau de la station. De plus les résultats des métaux lourds indiquent la présence des éléments toxiques (éléments de traces).

En conséquence, l'eau épurée de la station de M'sila peut être utilisée à des fins agricoles, en tenant compte des caractéristiques organoleptiques, du pH et des nitrates. Et

pour lui assurer une meilleure utilisation sans risques majeurs, il est souhaitable de prendre les recommandations suivantes :

- ✓ Les eaux usées industrielles doivent être sujet à des traitements spécifiques à l'intérieur des établissements avant d'être rejeté dans le collecteur principal.
- ✓ Effectuer la désinfection des eaux épurées.
- ✓ Réaliser des traitements complémentaires pour l'élimination des éléments toxiques et suivre périodiquement leurs évolutions.
- ✓ Sensibilisation des agriculteurs sur les intérêts de la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation.
- ✓ Application du cadre réglementaire, des cultures à pratiquer et les systèmes d'irrigation préconisés.
- ✓ Mise en place d'un programme de formation, d'encadrement et de vulgarisation. L'irrigation, avec des eaux épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite.
- ✓ Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée.
- ✓ Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable.
- ✓ Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.
- ✓ Soutien et incitation pour les investissements au niveau des parcelles (acquisition des équipements d'irrigation, etc...).
- ✓ Renforcement de la coordination intersectorielle.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

A.S.W.M. (2008) Annuaire statistique de la wilaya de M'sila, 320p.

Aouissi, A. (2010) Microbiologie et physico-chimique de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord- Est) de l'Algérie. Thèse Magister, Université du 08 Mai Guelma 1945, Guelma, 129 p.

Abbad, A. (2013) Caractérisation physico-chimiques et microbiologiques des eaux brutes et distribuées du barrage de Sidi M'hamed benaouda. Université de Relizane, Relizane, 13-17 p.

A.F.E.E, (1985) Principales maladies transmises par l'eau (Association Française pour l'étude des eaux).

Bouzroua, M. (2014) Contribution à l'étude du rendement des traitements utilisés dans la station d'épuration des eaux usées urbaines de M'sila. Mémoire de master académique, Université de M'sila, M'sila, 13-16p.

Beaudry J-P., (1984) Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.

Bagnouls, et Gaussen, H. (1953) Les climats biologiques et leurs classifications .Ann. Geger Fr, 335 : 193-220.

Baok, G. (2007) pollution des eaux de rivière et impact sur les populations riveraines : cas de la rivière mgoua dans la zone industrielle de douala-bassa (cameroun). Mémoire de master, Université de Dschang, 78 p.

Baumout ,S., Camard, J-P ., Lefranc, A.& Franconi, A. (2004) Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Ile- de- France. Rapport ORS, 220p.

Bernard, M, Sarl, E, Bernard, R. & Theler , D. (2007) Qualité des cours d'eau en Valais. Ed . Département des transports, de l'équipement et de l'environnement & Service de la protection de l'environnement. 23, 26,28, 30 p.

Boudenne , A.& Lebsir, W. (2012) Etude des paramètres physico-chimiques des eaux usées urbaines de Jijel (cas de la station d'épuration d'El-rabta). Mémoire d'ingénieur, Université de Jijel, 56 p.

Boukhalfa, A. & Kafi, K. (2013) Conséquences de l'utilisation de deux types d'eau d'irrigation sur les paramètres physico- chimique d'un sol de la station d'épuration de Ouargla. Mémoire de master académique, Université kasdi merbah, Ouargla, 52 p.

Boukhris, K. (2012) Mode de dégradation des aridosols par précipitations salines saisonnières, approche géochimique (cas de la cuvette de Ouargla). Mémoire ingénieur, Université de Ouargla, 82 p.

Briki, Z . (2010) Contribution à l'étude des sources de pollution d'une zone humide d'importance internationale (cas du chott El Hodna). Mémoire d'ingénieur, Université de M'sila, 77p.

Bagnouls, et Gaussen, H. (1953) Les climats biologiques et leurs classifications. Ann. Geger. Fr, 335 : 193-220 p.

Carnavale, E., Frie, A., Garcia, D. & Coppel, G. (2006) Impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitation. Haute Ecole De Gestion De Genève. 6-8 p.

Choocat, B. (1997) Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Ed. Technique et Documentation, 1124 p.

Degremont, (1989) Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome1, P : 5 , 24,25.

Degremont, (2005) Mémento technique de l'eau : Tome 2. Lavoisier SAS- Lexique technique de l'eau, Paris, dixième édition.

Dajoz, R. (2006) Précis d'écologie. 7^e édition. Dunod, Paris, 631 p.

Dali, Z. et Bentaleb, F. (2005) Impact humaine sur l'environnement « cas de l'ensablement de la région de Boussaâda ». Mémoire d'ingénieur, Université de M'sila, M'sila, 71 p.

Djeddi, H. (2007) utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire de Master, Université de Mentouri, Constantine.

Faurie, C, Ferrà, C, Médori, P, Dévaux, J. et Hemptinne, J.L. (2003) Ecologie approche scientifique et pratique. 5^e édition. Lavoisier, 168 p.

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique population. N°41, 2012 du 05/07/2012 , 27p.

Genin, B , Chauvin, C. et Ménard, F. (2003) cours d'eau et indice biologique. 2^e édition, Educargi, 322 p.

Ghadbane, N. (2007) Les eaux usées urbaines (ville de M'sila). Mémoire de magister, Université de M'sila, M'sila, 147 p.

Ladjel, F. (2006) Exploitation d'un station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement, CFMA- Boumerdes, 80 p.

Louanas, K. et Ghodbane, E. (2011) Evaluation de la toxicité des rejets de la ville de M'sila sur les eaux de Oued K'sob par détermination de leurs qualités physico- chimiques et biologiques. Mémoire d'ingénieur, Université de M'sila, 73 p.

Metahri, M. (2012) Elimination simultanée de la pollution azotée phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammerie, Tizi-Ouzou, 5 p : 148.

Ozenda, P. (1982) Les végétaux dans la biosphère. ED. Doin, Paris. 431 p.

P.A.W.M. (2009) plans d'aménagement de la wilaya de M'sila, 130 p.

Ramade, F.(2002) Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des science de l'environnement. 3^eédition. Dunod, Paris, 690 p.

Ramade, F. (2003) Elément d'écologie-écologie fondamental. 3^eédition. Dunod, Paris, 864 p.

Rodier J. (1996) L'analyse de l'eaux naturelles , eaux résiduaires, eau de mer. 8^eédition, 1357p.

Rodier J .Legube B. Merlet N et al, (2009) Analyse de l'eau. 9^eédition. Dunod, Paris. 1526p.

Savary, (2005) Savary, P. « guide des analyse de la qualité des eau ». édition technicité, paris, 2003.

Thierrin, J., Steffen, P., Cornaz, S. et al. (2003) Guide pratique : Echantillonnage des eaux souterraines. OFEP, 34 p.

Vandevenne, L. (1982) Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 503 p.

Vilaginés, R. (2010) L'eau, l'environnement et santé publique. 2^eédition. Lavoisier, 67 p.

Résumé

L'utilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles est devenue une politique préoccupante du secteur des ressources en eau. La présente étude porte sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées épurées de la STEP de M'sila destinées à l'irrigation. Les résultats obtenus révèlent une efficacité de dégradation de la matière organique (MES de 03 mg/l, DBO₅ de 07mg/l et DCO de 45 mg/l) par rapport aux normes Algériennes. Les résultats bactériologiques montrent l'absence des anaérobies sulfito-réducteurs, et une charge très forte en germes totaux, en coliformes avec présence de *Staphylococcus aureus*. De plus, on a noté de grandes quantités de métaux lourds. A cet effet, cette eau épurée peut être utilisée dans l'irrigation mais avec prudence, des traitements complémentaires doivent être envisagés tout en respectant la nature des cultures arrêtée dans la réglementation.

Mots clés : eaux usées épurées, physico-chimique, bactériologique, agricole, STEP, M'sila.

Evaluation of the physicochemical and bacteriological quality of purified waste water intended for irrigation (Case of the STEP de M'sila)

Abstract

The use of wastewater for agricultural purposes has become a worrying policy for the water resources sector. This study deals with the physicochemical and bacteriological characterization of purified wastewater from the M'sila STEP for irrigation. The results obtained show a degradation efficiency of the organic matter (MES of 03 mg / l, BOD₅ of 07mg / l and COD of 45 mg / l) compared to Algerian standards. The bacteriological results show the absence of sulphito-editing anaerobes, and a very high load of total germs, in coliforms with the presence of *Staphylococcus aureus*. In addition, large quantities of heavy metals were noted. For this purpose, this purified water can be used in irrigation but with caution, additional treatments must be considered while respecting the nature of the crops laid down in the regulations.

Key words: purified wastewater, physico-chemical, bacteriological, agricultural, STEP, M'sila.

تقييم جودة الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لمياه الصرف المنقى المخصصة للري الفلاحي (محطة المسيلة)

الملخص:

قد أصبح استخدام مياه الصرف الصحي للأغراض الزراعية سياسة يهتم بها قطاع الموارد المائية. تتناول هذه الدراسة توصيف الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية للمياه الصرف المنقاة من محطة المسيلة. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها كفاءة تنقية المواد العضوية (MES من 03 ملغم / لتر، DBO₅ من 7 ملغم / لتر و DCE من 45 ملغم / لتر) مقارنة بالمعايير الجزائرية. النتائج البكتريولوجية تظهر عدم وجود اللاهوائيات sulfito-réducteurs وكمية عالية جدا من الجراثيم الكلية، في القولون مع وجود المكورات العنقودية الذهبية. وبالإضافة إلى ذلك، لوحظت كميات كبيرة من المعادن الثقيلة. لهذا الغرض، يمكن استخدام هذه المياه المنقاة في الري الفلاحي ولكن بحذر، يجب إعادة النظر في علاجات إضافية مع احترام طبيعة المحاصيل المنصوص عليها في اللوائح القانونية.

الكلمات الدالة: تنقية المياه، الفيزيائية - الكيميائية، البكتريولوجية، الزراعة، محطة، المسيلة.